

19



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

11 Veröffentlichungsnummer:

**0 281 743  
A2**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 88100968.2

51 Int. Cl. 4: H01J 37/28, H01J 37/14

22 Anmeldetag: 22.01.88

30 Priorität: 02.02.87 DE 3703029

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
14.09.88 Patentblatt 88/37

64 Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT NL

71 Anmelder: Siemens Aktiengesellschaft Berlin  
und München  
Wittelsbacherplatz 2  
D-8000 München 2(DE)

72 Erfinder: Rose, Harald, Prof.Dr.  
Prinz-Christians-Weg 5 1/2  
D-6100 Darmstadt(DE)  
Erfinder: Zach, Joachim, Dipl.-Phys.  
Bessunger Strasse 122  
D-6100 Darmstadt(DE)

54 Detektorobjektiv für Rastermikroskope.

57 In allen Bereichen der Entwicklung und Fertigung mikro- und optoelektronischer Bauelemente besteht ein steigender Bedarf an hochauflösenden abbildenden Systemen, die eine prozeßnahe Inspektion der mit Hilfe moderner Lithografieverfahren erzeugten Submikrometerstrukturen ermöglichen. Konventionelle Rasterelektronenmikroskope erreichen eine Auflösung von wenigen Nanometern nur bei hohen Beschleunigungsspannungen oberhalb etwa 20 kV, wo Resiststrukturen und Schaltungen geschädigt und nicht-oder schlechtleitende Proben aufgeladen werden. Das erfindungsgemäße Detektorobjektiv für Rastermikroskope besteht im wesentlichen aus einer Immersionslinse und einem ringförmigen Detektorsystem (DT), das zwischen der auf positivem Potential ( $U_e$ ) liegenden quellenseitigen Elektrode (HZ, RB) und der ebenfalls auf einem variablen positiven Potential liegenden mittleren Elektrode (KS<sub>1</sub>) der Immersionslinse (OL) konzentrisch zur Strahlachse (OA) des Rastermikroskopes angeordnet ist. Die mittlere und die quellenseitige Elektrode (KS<sub>1</sub>, bzw. KS<sub>2</sub>) sind vorzugsweise kegelstumpfförmig ausgebildet. In die aus einer ringförmigen Blende und einem Hohlzylinder bestehende quellenseitige Elektrode der Immersionslinse (OL) ist vorzugsweise ein zweistufiges Ablenkelement zum Positionieren des primären Teilchenstrahls (PE) auf einer Probe (PR) integriert.

FIG 3a

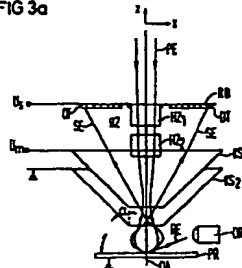
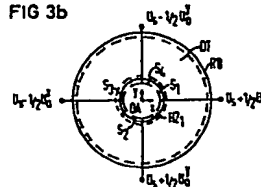


FIG 3b



## Detektorobjektiv für Rastermikroskope

Die Erfindung betrifft ein Detektorobjektiv für Rastermikroskope nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Die elektrischen Eigenschaften moderner integrierter mikro- und optoelektronischer Bauelemente wird wesentlich von den geometrischen Abmessungen ihrer Teilsysteme beeinflusst. Die Einhaltung enger Maßtoleranzen ist deshalb insbesondere dann eine unverzichtbare Voraussetzung für die Herstellung funktionsfähiger Bauelemente mit gleichbleibenden physikalisch-elektrischen Eigenschaften, wenn sich die geometrischen Abmessungen der mit Hilfe moderner Lithografieverfahren erzeugten Strukturen im Mikrometer- und Submikrometerbereich bewegen.

In allen Bereichen der Entwicklung und Fertigung integrierter mikro- und optoelektronischer Bauelemente besteht deshalb ein steigender Bedarf an hochauflösenden abbildenden Systemen, die eine prozeßnahe Inspektion der erzeugten Strukturen und deren exakte Vermessung ermöglichen. Als für diese Zwecke besonders geeignet haben sich Rasterelektronenmikroskope herausgestellt, mit denen man Mikro- und Submikrometerstrukturen visuell beurteilen, Fehler und Abweichungen von Sollmustern feststellen und topographische Daten wie Längen, Breiten, Höhen oder Neigungswinkel erfassen und auswerten kann. Bei allen Untersuchungen der Bauelemente im Rasterelektronenmikroskop ist hierbei sicherzustellen, daß Veränderungen des Substrats, wie sie beispielsweise durch Kontaminationen oder Strahlenschäden auftreten können, vermieden werden.

Konventionelle Rasterelektronenmikroskope erreichen eine Auflösung von wenigen Nanometern nur bei hohen Beschleunigungsspannungen oberhalb etwa 20 kV, wo Resiststrukturen und Schaltungen durch die hochenergetischen Elektronen geschädigt und nicht- oder schlechtleitende Oberflächenbereiche der untersuchten Proben aufgeladen werden. Die in der Rasterelektronenmikroskopie übliche Metallisierung der Probe zur Unterdrückung der die Auflösung und die Abbildungsgüte beeinträchtigenden Aufladungen ist für die Untersuchung mikro- und optoelektronischer Bauelemente nicht geeignet, da deren Funktion durch eine aufgebrauchte Metallschicht gestört oder in unzulässiger Weise verändert würde.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein Detektorobjektiv der eingangs genannten Art anzugeben, mit dem die Auflösung und die Detektoreffizienz eines Rastermikroskopes, insbesondere eines Rasterelektronenmikroskopes bei niedrigen Primärenergien deutlich gesteigert werden kann. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Detektorobjektiv nach Patentanspruch 1 gelöst.

Der mit der Erfindung erzielbare Vorteil besteht insbesondere darin, daß Teilchensonden mit kleinem Querschnitt auch bei niedrigen Primärenergien erzeugt werden können. Außerdem sind hochauflösende und nahezu aufladungsfreie Untersuchungen nicht- oder schlechtleitender Proben gewährleistet.

Die Ansprüche 2 bis 15 sind auf bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung gerichtet, die nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert wird.

Hierbei zeigt

FIG 1 den schematischen Aufbau eines Rasterelektronenmikroskopes mit einem erfindungsgemäßen Detektorobjektiv,

FIG 2 ein Achtpolelement des Linsensystems zur Korrektur der sphärischen und chromatischen Aberrationen des Detektorobjektivs,

FIG 3 a und 3 b ein erfindungsgemäßes Detektorobjektiv mit integriertem Ablenkelement.

Das in FIG 1 schematisch dargestellte Rasterelektronenmikroskop besteht im wesentlichen aus einem Elektronenstrahl erzeuger, vorzugsweise einer Feldemissionsquelle Q, einer Kondensorlinse KL zur Fokussierung der von der Kathode K emittierten und in Richtung der Anode A beschleunigten Primärelektronen PE in ein auf der Strahlachse OA liegendes Zwischenbild ZP der Elektronenquelle, einem Linsensystem (Korrektor) mit mindestens vier Acht- oder Zwölfpolelementen KE<sub>1</sub> bis KE<sub>4</sub> zur Korrektur der sphärischen und chromatischen Aberrationen der abbildenden Linse, einem im Strahlengang unmittelbar hinter dem Korrektor KO angeordneten zweistufigen Ablenkelement AE mit jeweils zwei über nicht dargestellte Signalgeneratoren angesteuerten zylinder- oder plattenförmigen Strukturen AE<sub>1</sub> und AE<sub>2</sub> und einer elektrostatischen Objektivlinse OL zur verkleinerten Abbildung des Zwischenbildes ZP der Quelle auf die unmittelbar unterhalb der Objektivlinse OL auf einer Halterung angeordneten Probe PR. Als Objektivlinse OL ist erfindungsgemäß eine Immersionslinse mit Mittelelektrode KS, vorgesehen, deren auf dem Andenpotential U<sub>s</sub> liegende quellenseitige Elektrode eine ringförmige Blende RB mit einem konzentrisch zur Strahlachse OA angeordneten und sich in Richtung der Probe PR erstreckenden Hohlzylinder HZ aufweist. Erfindungsgemäß sind die als Steuerelektrode wirkende, mit einem variablen positiven Potential U<sub>m</sub> (U<sub>m</sub> > U<sub>s</sub>) beaufschlagte Mittelelektrode KS, und die auf dem Potential der Probe PR liegende probenseitige Elektrode KS, der Immersionslinse OL kegelförmig ausgebildet und konzentrisch zur Strahlachse OA angeordnet.

Um die Probe PR auch in geneigtem Zustand untersuchen und abbilden zu können, schließen die Seitenflächen der sich in Richtung der Probe PR verjüngenden Elektroden KS, bzw. KS, vorzugsweise einen Winkel  $\alpha$  zwischen etwa 30 und 70 Grad mit der Strahlachse OA ein.

Der Detektor DT zum Nachweis der auf der Probe PR von den Primärelektronen PE ausgelösten Sekundärelektronen SE ist in dem gezeigten Ausführungsbeispiel innerhalb der Immersionslinse OL zwischen der quellenseitigen und der mittleren Elektrode RB/HZ bzw. KS, konzentrisch zur Strahlachse OA angeordnet. Er besteht vorzugsweise aus einem ringförmigen elektronensensitiven Teil, der in der Zentralbohrung des Hohlzylinders HZ der quellenseitigen Elektrode der Immersionslinse OL isoliert gehalten ist. Zur Erzielung verschiedener Kontraste ist es zweckmäßig, den Detektor DT in mehrere Segmente zu unterteilen und die in diesen Segmenten erzeugten Signale in der gewünschten Weise zu kombinieren (z. B. Differenzbildung der in zwei Halbringdetektoren erzeugten Signale oder Unterdrückung eines der Signale). Da der Hohlzylinder HZ auf einem etwas niedrigeren positiven Potential  $U_s$  als die Mittelelektrode KS, der Immersionslinse OL liegt ( $U_m > U_s$ ), werden insbesondere die unter kleinen Winkeln zur Strahlachse OA laufenden Sekundärelektronen SE in Richtung des Detektors DT abgelenkt und nachgewiesen. Der Hohlzylinder HZ dient außerdem der Abschirmung des primären Elektronenstrahls von der am Detektor DT anliegenden Hochspannung von beispielsweise + 10 kV zur Nachbeschleunigung der Sekundärelektronen SE. Als Detektoren DT kommen insbesondere die beispielsweise aus der Veröffentlichung von W. K. Hofkar, Philips Technische Rundschau Nr. 12, 1966, Seite 323 bis 337 bekannten Halbleiterdetektoren in Betracht, deren teilchensensitive Bereiche gegebenenfalls segmentiert aufgebaut und als Metall-Halbleiter- oder p - n - Übergang ausgebildet sind. Selbstverständlich kann man auch Szintillator-Lichtleiterkombinationen oder Channel-Plates als Sekundärelektronendetektoren verwenden. Ringförmige Detektoren besitzen gegenüber anderen Detektorkonfigurationen allerdings den Vorteil, daß man nahezu alle der im rotationssymmetrischen elektrischen Feld der Immersionslinse OL von der Probe PR abgesaugten Sekundärelektronen SE erfassen und nachweisen kann.

Das als Korrektur bezeichnete und aus mindestens 4 Acht-oder Zwölfpolelementen KE, bis KE, bestehende Linsensystem KO ist aus den Veröffentlichungen von H. Rose "Elektronenoptische Aplanate", Optik 34, Heft 3, 1971 Seite 285 bis 311 (siehe insbesondere Seite 308 FIG 9) und H. Kooops "Aberration Correction in Electron Microscopy" 9th International Congress on Electron Microscopy, Toronto 1978, Vol 3, Seite 185 bis 198 (siehe insbesondere Seite 191, FIG 4) bekannt. Dieses im Strahlengang unmittelbar oberhalb des zweistufigen Ablenkelementes AE angeordnete Linsensystem KO dient der Korrektur der Öffnungs- und Farbfehler des Detektorobjektivs OL. Eines der Achtpolelemente  $KE_i$  ( $i = 1 \dots 4$ ) des Korrektors KO ist schematisch in FIG 2 dargestellt. Es besteht aus acht auf dem Anodenpotential  $U_s$  liegenden inneren Polschuhen PI, die durch einen zylinderförmigen Isolator IS von den auf Erdpotential liegenden und mit jeweils einer Erregerspule SP umgebenen äußeren Polschuhen PA getrennt sind. Mit jedem dieser Elemente KE<sub>i</sub> werden magnetische Quadrupol- und Oktupolfelder zur Korrektur der Öffnungsfehler des Detektorobjektivs OL erzeugt. Zur Korrektur ihres Farbfehlers werden elektrische Quadrupolfelder verwendet, die man mit Hilfe eines an den Innenelektroden PI anliegenden Zusatzpotentials in den mittleren Elementen KE<sub>2</sub> und KE<sub>3</sub> des Korrektors KO aufbaut.

Auf das quellenseitige Ablenkelement AE, kann verzichtet werden, wenn man innerhalb des probenseitigen Korrektorelementes KE<sub>4</sub> zusätzlich noch elektrische Dipolfelder zur Vorablenkung des Primärelektronenstrahls PE erzeugt.

Vier Acht-oder Zwölfpolelemente KE<sub>1</sub> bis KE<sub>4</sub> reichen zur Korrektur der Öffnungs- und Farbfehler des Detektorobjektivs OL aus. Die Verwendung von fünf Elementen bietet allerdings zusätzlich die Möglichkeit, auch außeraxiale Fehler der Objektivilinse zu korrigieren. Diese Abbildungsfehler sind in einem Rasterelektronenmikroskop mit einem zweistufigen Ablenkelement AE allerdings vernachlässigbar klein, so daß man auf ein fünftes Korrektorelement i. A. verzichten kann. Da die Öffnungsfehler dritter Ordnung mit den Achtpolelementen KE<sub>1</sub> bis KE<sub>4</sub> korrigierbar sind, begrenzen die mit dem Abstand zwischen dem Korrektor KO und dem Detektorobjektiv OL anwachsenden Öffnungsfehler fünfter Ordnung die Auflösung. Deren Einfluß kann man durch Verwendung zwölfpoliger Elemente im Korrektor KO erheblich reduzieren, ohne die Korrekturen niedrigerer Ordnung zu beeinträchtigen.

Zur weiteren Reduktion des mit dem Abstand zwischen dem Korrektor KO und der Immersionslinse OL anwachsenden Öffnungsfehler fünfter Ordnung wird das zweistufige Ablenkelement AE, wie in den FIG 3 a und 3 b schematisch dargestellt, erfindungsgemäß in die quellenseitige Elektrode des Detektorobjektivs OL integriert, indem man den Hohlzylinder HZ isoliert von der ringförmigen Blende RB anordnet, ihn in einer Ebene senkrecht zur Strahlachse OA teilt und den oberen und unteren Zylinderteil HZ<sub>1</sub> bzw. HZ<sub>2</sub> jeweils wieder in vier oder acht Sektoren S1 bis S4 untergliedert (siehe FIG 3 b). Diese auf dem Anodenpotential  $U_s$  liegenden Segmente S1 bis S4 werden zur Positionierung des Primärelektronenstrahls PE auf der Probe PR bzw. zu dessen zeilenförmiger Ablenkung mit geeigneten Zusatzpotentialen  $U_s^*$  bzw.  $U_s'$ .

(Ablenkung in x-bzw. y-Richtung) beaufschlagt. Ein weiterer Vorteil der Integration des Ablenkelementes in das Detektorobjektiv OL besteht darin, daß größere Ablenkwinkel eingestellt (kleinerer Abstand Ablenkelement - Linsenfeld) und damit größere Oberflächenbereiche der Probe PR abgetastet werden können. Da der Primärelektronenstrahl PE in zweistufigen Ablenkelementen für alle Ablenkwinkel um den sogenannten komafreien Punkt der Objektivlinse OL gekippt wird, werden die bei einstufigen Ablenkelementen auftretenden außeraxialen Aberrationen (außeraxialer Linsendurchtritt des Strahls) vermieden.

Es ist bekannt, daß sich der Ladungszustand eines von einem Elektronenstrahl abgetasteten Oberflächenbereichs ändert, wenn die den Ladeprozeß bestimmende Größe  $s$  ( $s$  = Ausbeute emittierter Elektronen = mittlere Zahl der pro auftreffendem Primärelektron ausgelöste Sekundär- und Rückstreuungselektronen) von eins abweicht. Aufladungsfreie Untersuchungen nicht-oder schlechtleitender Proben in einem Rasterelektronenmikroskop sind deshalb nur dann möglich, wenn die Energie  $E_{PE}$  der Primärelektronen mit der vom Probenmaterial abhängigen Neutralpunktenergie  $E_{NP}$  übereinstimmt ( $E_{PE} \approx E_{NP} \rightarrow s(E_{PE}) \approx 1$ ). Da die Neutralpunktenergie  $E_{NP}$  mit wenigen Ausnahmen im Energiebereich zwischen etwa 0,5 und 4 keV liegt, müssen konventionelle Rasterelektronenmikroskope mit niedrigen Beschleunigungsspannungen betrieben werden. Unter solchen Betriebsbedingungen wird allerdings der kleinste auf der Probe erreichbare Sonden durchmesser im wesentlichen durch den der Fokussierung entgegenwirkenden Boersch-Effekt und den axialen Farbfehler der abbildenden Linse begrenzt. So wächst infolge der auf dem gesamten Strahlengang zwischen Quelle und Probe wirkenden Coulomb-Abstoßung zwischen den Elektronen deren räumlicher Abstand und damit der Sondendurchmesser (lateraler Boersch-Effekt). Außerdem führt die Wechselwirkung zwischen den Elektronen in Bereichen hoher Stromdichten, also insbesondere im Elektronenstrahlerzeuger Q und den Strahlüberkreuzungspunkten (z. B. ZP in FIG 1) zu einer Verbreiterung der Energieverteilung der Primärelektronen PE, was indirekt über den Farbfehler der Objektivlinse ebenfalls zu einer Vergrößerung des Sondendurchmessers führt. Für den die Auflösung bestimmten Sondendurchmesser  $d$  auf der Probe gilt hierbei die bekannte Beziehung

$$d = (d_O^2 + d_F^2)^{1/2}$$

wobei  $d_O$  den um die Coulomb-Abstoßung der Elektronen zwischen Strahlerzeuger und Probe (Einfluß des lateralen Boersch-Effektes) erweiterten geometrisch-optischen Sondendurchmesser und  $d_F$  den Durchmesser des durch den Farbfehler der abbildenden Linse erzeugten Farbfehlerscheibchens bezeichnet. Die Größe  $d_F$  wiederum ist über die Beziehung

$$d_F = 2 C_F \alpha e U / U$$

definiert, wobei  $C_F$  die Farbfehlerkonstante der abbildenden Linse,  $\alpha$  die Strahlapertur,  $eU$  die Primärenergie ( $U$  = Beschleunigungsspannung,  $e$  = Elementarladung) und  $e\Delta U$  die Breite der Energieverteilung der Elektronen bezeichnet. Eine weitere Verbesserung der Auflösung des Rasterelektronenmikroskops nach FIG 1 kann daher insbesondere durch eine Reduktion des lateralen und energetischen Boersch-Effektes im Strahlerzeuger und in der elektronenoptischen Säule erreicht werden.

Die erfindungsgemäßen Detektorobjektive werden vorteilhafterweise in Niederspannungs-Rasterelektronenmikroskopen eingesetzt, in denen der Boersch-Effekt die Auflösung bei niedrigen Teilchenenergien und hohen Strahlströmen begrenzt. Da der Einfluß des lateralen Boersch-Effektes mit wachsender kinetischer Energie  $eU$  abnimmt (Verkürzung der Laufzeit der Elektronen zwischen Quelle und Probe), die Breite der Energieverteilung  $e\Delta U$  der Primärelektronen infolge des energetischen Boersch-Effektes aber deutlich zunimmt, sollten die Elektronen den ersten Strahlüberkreuzungspunkt (Quellen-crossover) mit niedriger Energie durchlaufen (kleine relative Energiebreite  $e\Delta U/eU$ ), um sie anschließend auf hohe Energien zu beschleunigen und erst kurz vor dem Erreichen der Probe auf die gewünschte niedrige Endenergie abzubremesen. Um den nachteiligen Einfluß des Boersch-Effektes auf den Sondendurchmesser in einem Rasterelektronenmikroskop nach FIG 1 für Elektronenendenergien von 0,2 - 5 keV zu minimieren, können die Elektroden des Strahlerzeugers K, A und des Detektorobjektivs OL beispielsweise mit folgenden Potentialen beaufschlagt werden:

## Elektronenstrahlerzeuger Q

Kathode K

$$U_o = - 0,2 \text{ bis } - 5 \text{ kV}$$

5 Anode A

$$U_s = + 10 \text{ bis } + 30 \text{ kV}$$

## Detektorobjektiv OL

10 quellenseitige Elektrode

$$U_{HZ} = U_{RB} = U_s$$

HZ/RB

Mittlelektrode  $KS_1$ 

$$U_{KS1} = 1,1 U_s \text{ bis } 2,5 U_s$$

15 probenseitige Elektrode  $KS_2$ 

$$U_{KS2} = 0V$$

Probe PR

$$U_{PR} = 0V$$

20 Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf die in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt. So ist es keineswegs notwendig, die Elektrode  $KS_2$  des Detektorobjektivs OL und die Probe PR auf das gleiche Potential zu legen. Die Primärelektronen können selbstverständlich auch erst außerhalb des Strahlerzeugers Q auf hohe kinetische Energien beschleunigt werden. In diesem Fall liegt die quellenseitige Elektrode RB, HZ des Detektorobjektivs vorzugsweise auf dem Potential der die Primärelektronen beschleunigenden Elektrodenanordnung.

25 Zum Nachweis der Rückstreuelektronen RE kann das Detektorobjektiv noch mit einem zweiten Detektor DR ausgestattet sein, den man, wie in FIG 1 dargestellt, beispielsweise seitlich oberhalb der Probe PR anordnet. Er kann aber auch anstelle des Sekundärelektronendetektors innerhalb des Detektorobjektivs angeordnet werden.

30 Als Primär- und Sekundärteilchen kommen selbstverständlich beispielsweise auch Ionen und andere geladene Teilchen in Betracht.

## Ansprüche

35 1. Detektorobjektiv für Rastermikroskope, **gekennzeichnet**, durch eine Immersionslinse (OL) mit Mittlelektrode ( $KS_1$ ) und ein innerhalb der Immersionslinse (OL) konzentrisch zur Strahlachse (OA) des Rastermikroskopes angeordnetes Detektorsystem (DT) zum Nachweis der von einem primären Teilchenstrahl (PE) auf einer Probe (PR) ausgelösten sekundären oder rückgestreuten Teilchen (SE, RE).

40 2. Detektorobjektiv nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß die quellenseitige Elektrode (RB, HZ) der Immersionslinse (OL) auf einem ersten positiven Potential ( $U_s$ ) liegt und daß die Mittlelektrode ( $KS_1$ ) der Immersionslinse (OL) mit einem höheren zweiten positiven Potential ( $U_m$ ) beaufschlagt ist.

3. Detektorobjektiv nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß die quellenseitige Elektrode (HZ, RB) der Immersionslinse (OL) auf dem Potential ( $U_s$ ) einer teilchenbeschleunigenden Elektrode (A) des Rastermikroskops liegt.

45 4. Detektorobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß die probenseitige Elektrode ( $KS_2$ ) der Immersionslinse (OL) und die Probe (PR) auf dem gleichen Potential liegen.

5. Detektorobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Mittlelektrode ( $KS_1$ ) und die probenseitige Elektrode ( $KS_2$ ) jeweils kegelstumpfförmig ausgebildet sind.

50 6. Detektorobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Kegelmantel der Mittlelektrode ( $KS_1$ ) und der probenseitigen Elektrode ( $KS_2$ ) der Immersionslinse (OS) jeweils einen Winkel ( $\alpha$ ) zwischen 30 und 70 Grad mit der Strahlachse (OL) des Rastermikroskopes einschließt.

7. Objektivlinse nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß die quellenseitige Elektrode (HZ, RB) der Immersionslinse (OL) einen konzentrisch zur Strahlachse (OA) angeordneten ringförmigen Teil (RB) und einen in dessen Zentralbohrung angeordneten, sich in Strahlrichtung erstrecken-  
55 den Hohlzylinder (HZ) aufweist.

8. Detektorobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Detektorsystem (DT) ringförmig ausgebildet und zwischen der quellenseitigen Elektrode (HZ, RB) und der Mittelelektrode (KS.) angeordnet ist.

9. Detektorobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch **gekennzeichnet**, daß ein Ablenkelement (AE) zur Positionierung des primären Teilchenstrahls (PE) in die quellenseitige Elektrode (HZ, RB) der Immersionslinse (OL) integriert ist.

10. Detektorobjektiv nach Anspruch 9, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Hohlzylinder (HZ) der quellenseitigen Elektrode (HZ, RB) der Immersionslinse (OL) isoliert angeordnet und in einer Ebene senkrecht zur Strahlachse (OA) unterteilt ist und daß der obere und der untere Teil des Hohlzylinders (HZ, HZ<sub>2</sub>) jeweils aus vier oder acht Segmenten (S<sub>1</sub> bis S<sub>4</sub>) besteht.

11. Rastermikroskop mit einem Strahlerzeuger (Q), einem ersten Lensensystem (KL) zur Bündelung eines Teilchenstrahls (PE), einem zweiten Lensensystem (OL) zur Fokussierung eines Teilchenstrahls (PE) auf eine Probe (PR), einer Ablenkeinheit (AE) und einem Detektorsystem (DT) zum Nachweis der auf der probe (PR) ausgelösten sekundären oder rückgestreuten Teilchen (SE), dadurch **gekennzeichnet**, daß das zweite Lensensystem eine Immersionslinse (OL) mit Mittelelektrode (KS.) als Objektivlinse aufweist, daß das Detektorsystem (DT) innerhalb der Immersionslinse (OL) angeordnet ist und daß ein aus mindestens vier Acht-oder Zwölfpolelementen (K1 bis K4) bestehendes drittes Lensensystem (KO) im Strahlengang zwischen dem ersten Lensensystem (KL) und der Immersionslinse (OL) angeordnet ist.

12. Rastermikroskop nach Anspruch 11, dadurch **gekennzeichnet**, daß das dritte Lensensystem (KO) aus fünf Acht-oder Zwölfpolelementen besteht.

13. Rastermikroskop nach Anspruch 11 oder 12, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Ablenkeinheit (AE) im Strahlengang zwischen dem zweiten (OL) und dem dritten Lensensystem (KO) angeordnet ist.

14. Rastermikroskop nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Ablenkeinheit (AE) in eine quellenseitige Elektrode (RB, HZ) der Immersionslinse (OL) integriert ist.

15. Rastermikroskop nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß die quellenseitige Elektrode (RB, HZ) der Immersionslinse (OL) auf dem Potential (U<sub>s</sub>) einer teilchenbeschleunigenden Elektrode (A) des Rastermikroskops liegt.

16. Rastermikroskop nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch **gekennzeichnet**, daß das erste Lensensystem (KL) mindestens eine magnetische Linse aufweist.

FIG 1

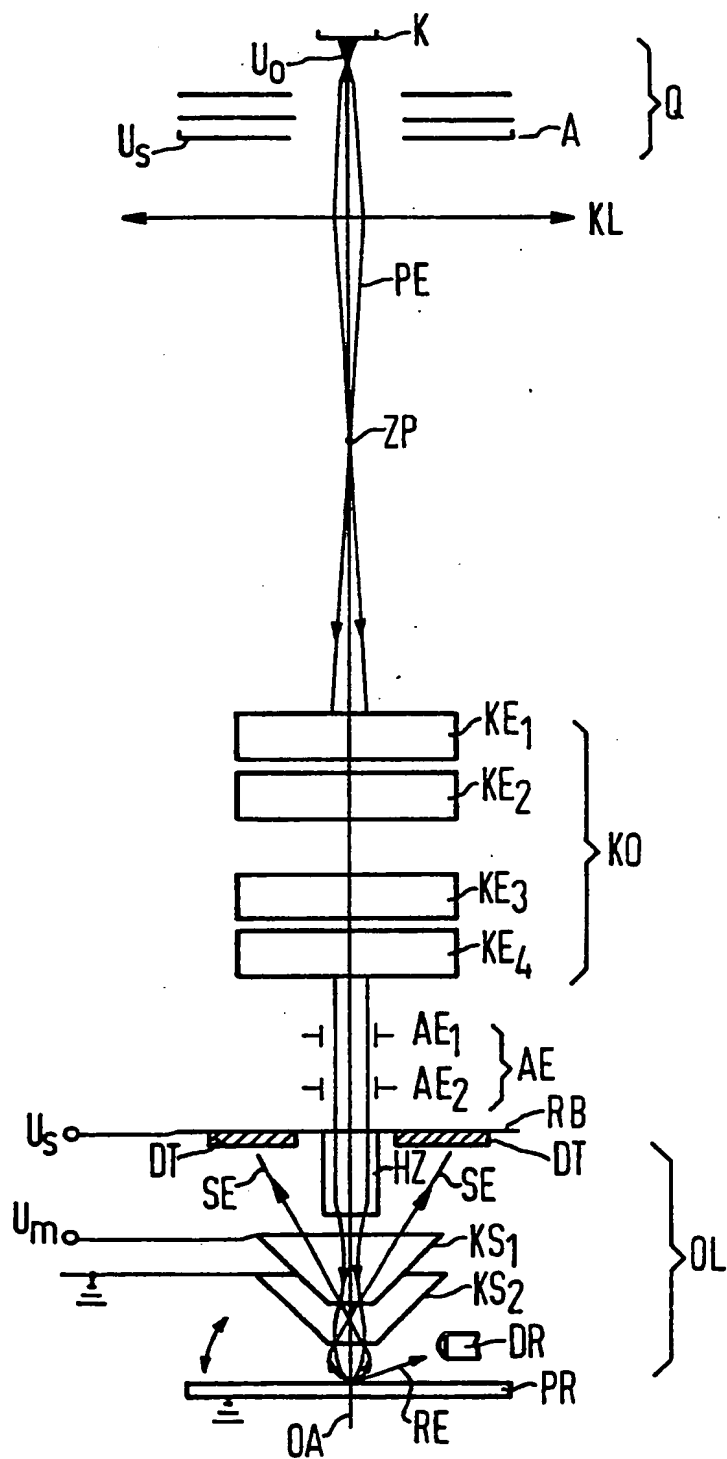


FIG 2

